

Тюшляева Д.С.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

г. Екатеринбург

d.tyushlyayeva07@net-ustu.ru

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СЛОИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ*

С помощью технологии твердофазного совмещения (сварка взрывом) были разработаны и получены слоистые композиционные материалы из чередующихся листов: 1) алюминиевого сплава Д16 и мартенситно-стареей стали 03Х12Н8К5М2ЮТ (ЗИ90-ВИ) толщиной $\approx 1,0$ мм и 0,5 мм соответственно (3-слойный композит); 2) алюминиевого сплава Д16 и мартенситно-стареей стали 03Х12Н8К5М2ЮТ (ЗИ90-ВИ) толщиной $\approx 1,0$ мм и 0,5 мм соответственно (5-слойный композит); 3) сплава БрБ2 – мартенситно-стареей стали – сплава БрБ2 – мартенситно-стареей стали – сплава БрБ2; толщиной 0,13 мм и 0,5 мм соответственно; 4) мартенситно-стареей стали 03Х12Н8К5М2ЮТ, титанового сплава ОТ4-1, алюминиевого сплава Д16, титанового сплава ОТ4-1 и мартенситно-стареей стали. При сварке взрывом использовалось параллельное расположение пластин и следующие параметры: $\gamma = 20^\circ$, $V_d = 2450$ м/с; $V_c = 850$ м/с, где γ – угол соударения; V_d – скорость детонации; V_c – скорость соударения. Высота слоя взрывчатого вещества составляла 20 мм. Зазоры между свариваемыми пластинами – 2 мм.

Для снятия остаточных напряжений композиты после сварки взрывом необходимо подвергать термической обработке. Для выбора режима термообработки мы исходили из температур необходимых для протекания процессов рекристаллизации и релаксации напряжений. Поскольку исходные материалы для композитов имели различные температуры плавления, а, следовательно, и рекристаллизации, то нагрев проводили при различных температурах в интервале 200...500 °С с выдержкой при указанных температурах в течение 1 ч.

* Исследование проведено при финансовой поддержке молодых ученых УрФУ в рамках реализации программы развития УрФУ.

1. Композит II: Д16 – 03Х12Н8К5М2ЮТ – Д16 – 03Х12Н8К5М2ЮТ – Д16 (5-слойный). В связи с протеканием диффузионных процессов и процессов рекристаллизации в данном композите после термообработки на 500 °С наблюдается повышение пластических свойств (с 6 до 13 %). Однако если для алюминиевого сплава эта температура является разупрочняющей, то для мартенситностареющей стали – температурой оптимального старения. Следует отметить, что толщина разупрочненной зоны алюминиевого сплава значительно больше, чем толщина упрочненного слоя мартенситностареющей стали. Поэтому, учитывая влияние двух конкурирующих факторов в упрочнение при термической обработке композита при 500 °С, можно отметить, что наблюдается незначительное снижение прочностных свойств.

Обозначение образца	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
II-0 после сварки взрывом	505	420	6
II-4 отжиг на 500 °С	440	410	13

2. Композит III: БрБ2 – 03Х12Н8К5М2ЮТ – БрБ2 – 03Х12Н8К5М2ЮТ – БрБ2. Термическая обработка (старение) данного композита в интервале температур 200...500 °С при 1-часовой выдержке не привела к заметным структурным изменениям во всех слоях.

Обозначение образца	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
III-0 после сварки взрывом	390	375	5
III-1 отжиг на 200°С	555	530	7
III-4 отжиг на 500°С	140	110	15

При нагреве на температуру 200 °С произошел распад пересыщенного твердого раствора (старение) бериллиевой бронзы с выделением интерметаллидов, и, как следствие этого, повышение прочностных характеристик композита, в то время как при нагреве до температур 500 °С наблюдали снижение прочностных характеристик в результате перестаривания, растворения ранее выделившихся интерметаллидов в бериллиевой бронзе, так и в результате протекания процессов старения, перестаривания и возможного $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения в мартенситно-стареющей стали. По-видимому, 1-часовая выдержка для столь тонкого композита при температуре 500 °С является избыточной и приводит к перестариванию.

3. Композит IV: 03Х12Н8К5М2ЮТ – ОТ4-1 – Д16 – ОТ4-1 – 03Х12Н8К5М2ЮТ. Вдоль всего профиля соединения металлов имелось хорошее соединение компонентов без пор и несплошностей. Границы раздела имеют характерную для сварки взрывом слабую волнообразную форму. В данном композите наблюдаемая волнообразность со стороны удара

обладает гораздо меньшей амплитудой и длиной волны, чем в рассмотренных ранее композитах. Микротвердость титанового сплава составляет порядка 300 HV₁₀, в то время как микротвердость дюрали и мартенситно-стареющей стали, как и во всех предыдущих композитах, 200 и 500HV₁₀, соответственно. Механические свойства композиции IV непосредственно после сварки взрывом: $\sigma_{B,} = 690$ МПа, $\sigma_{0,2} = 525$ МПа, $\delta = 9$ %. Механические свойства композиции IV непосредственно после сварки взрывом: $\sigma_{B,} = 690$ МПа, $\sigma_{0,2} = 525$ МПа, $\delta = 9$ %. Проведенные испытания на перегиб показали, что число перегибов во всех приведенных выше композитах составляет от 7 до 10. После старения при 500 °С композита существенных изменений в микроструктуре и твердости не наблюдалось.